



Fritz Hellmann, Instituut voor Milieuvraagstukken
Jan Vermaat, Vrije Universiteit Amsterdam

Het effect van klimaatverandering op de waterhuishouding en nutriëntenstromen in veenweidepolders

Een imaginaire veenweidepolder is onlangs gemodelleerd in SOBEK om de consequenties van een klimaatverandering door te rekenen voor de periode 2036-2065 voor wat betreft (grond)waterpeil en nitraat- en fosfaatfluxen. De KNMI-klimaatscenario's G en W+ zijn daarbij als invoer gebruikt. De berekeningen suggereren dat het waterpeil in beide scenario's niet veel zal veranderen vergeleken met de huidige situatie. Het grondwaterpeil daalt daarentegen bij het W+-scenario aanzienlijk in de nazomer. Ook de concentraties nutriënten veranderen alleen in dat scenario: in de nazomer stijgt de hoeveelheid totaalstikstof, terwijl de hoeveelheid totaalfosfor daalt.

Het KNMI heeft geprobeerd de bandbreedte van een verandering van het klimaat in te vullen middels vier scenario's[1]. De onderlinge verschillen zijn echter aanzienlijk. Dit kan forse consequenties hebben voor landgebruik en waterbeheer in laag Nederland, maar ook voor de daaruit voortvloeiende broeikasgasemissies uit mineraliserende veenbodems. Waarschijnlijk hangen deze emissies af van zowel het waterpeilregime[2] als de waterkwaliteit[3),4)]. Juist door deze samenhang is het lastig voorspellingen te doen over de uitwerking van klimaatveranderingen. De complexiteit van deze samenhangende processen is in deze studie dan ook verkend in een waterkwantiteits- en kwaliteitsmodel van een imaginaire veenweidepolder. Dit model is gedimensioneerd in SOBEK 2.11.002[5], waarbij landgebruik, waterbalans, nutriëntenbalans, slootpeil en polderniveau van de denkbeeldige veenweidepolder zijn afgeleid van het gemiddelde van een reeks werkelijk bestaande polders in Nederland[6]. Breedte, diepte en lengte van de hoofdwatergang van de imaginaire veenweidepolder zijn geschat uit de literatuur[7),8)] en deels door eigen ongepubliceerde waarnemingen. De mineralenhuishouding van de denkbeeldige veenweidepolder is typisch voor een melkveehouderijpolder[9]. Het model is geconstrueerd om de consequenties van klimaatscenario's door te rekenen voor oppervlakte- en grondwaterpeil en nutriëntenconcentraties. Na kalibratie presenteren we hier de uitkomsten van scenarioberekeningen over 2036-2065 met twee KNMI-klimaatscenario's als invoer.

KNMI-klimaatscenario's

De scenario's G en W+ zijn gebruikt, omdat ze respectievelijk het minst en meest verschillen met de huidige situatie[1]. De benodigde meteorologische inbreng voor het model werd verkregen door het weer van de bestaande periode 1976-2005 (het 'huidige' klimaat) naar de periode 2036-2065 te transformeren met behulp van het KNMI-transformatieprogramma. Voor verdere details verwijzen we naar het volledige rapport[10].

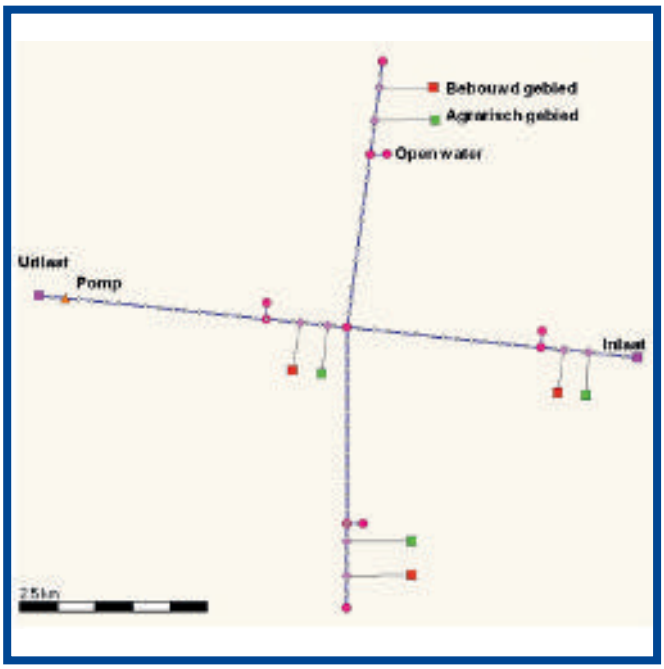
Modelbeschrijving

De modelschematisatie (zie afbeelding 1) bestaat uit vier hoofdwatergangen, welke uit meerdere secties van 100 meter bestaan. Voor elke sectie van de hoofdwatergangen wordt het watertransport per tijdstap berekend waarbij rekening gehouden wordt met neerslag, verdamping, kwel en wegzijging direct in de hoofdwatergang zelf. Elke hoofdwatergang verzorgt de afwatering van een deel van de polder, dat agrarisch, bebouwd of open water kan zijn. Voor al deze gebieden wordt per tijdstap van twee uur de afwatering op de hoofdwatergang berekend. Op basis van het aandeel van elke flux in het afwateringswater en de geschatte nutriëntenconcentraties van elke flux wordt de nutriëntenconcentratie in het afwateringswater berekend. Tevens worden hierbij de belangrijkste waterkwaliteitsprocessen doorgerekend.

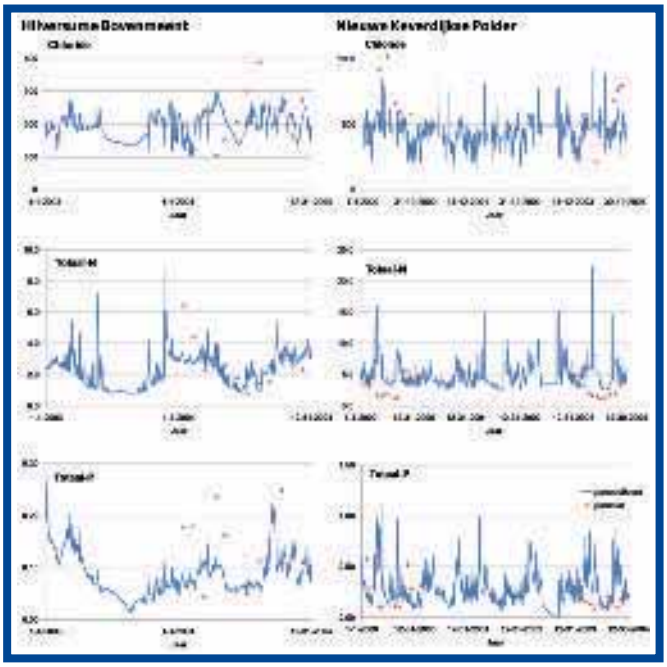
Waterkwaliteitsprocessen in het sediment worden niet door het model gemodelleerd. Ook worden benthische algen en waterplanten niet als aparte eenheden gemodelleerd, zoals bijvoorbeeld in PCDitch[11]. Voor de modelparameters en functies van de waterkwaliteitsprocessen zijn voor het merendeel de standaardwaardes van de waterkwaliteitsmodule van SOBEK 2.11.002 gebruikt; slechts enkele parameters zijn na kalibratie aangepast. Afspoeling van nutriënten vanuit de landbouw wordt apart gemodelleerd. De afspoeling is berekend vanuit de nutriëntenbalans[6], waarbij het teveel aan respectievelijk stikstof en fosfaat in het grondoppervlak is berekenend en de afspoeling van nutriënten is geschat[12]. De aanname is gedaan dat deze nutriënten afspoelen gedurende de periode september-mei.

Modelkalibratie

Ter kalibratie van de modelaanpak zijn de concentraties chloride, totaalfosfaat en -nitraat gesimuleerd in vergelijkbare



Afb. 1: Schematisatie van het waterkwantiteits- en -kwaliteitsmodel van de imaginaire veenweidepolder.



Afb. 2: Vergelijking van gemodelleerde en gemeten concentraties (in mg/l).

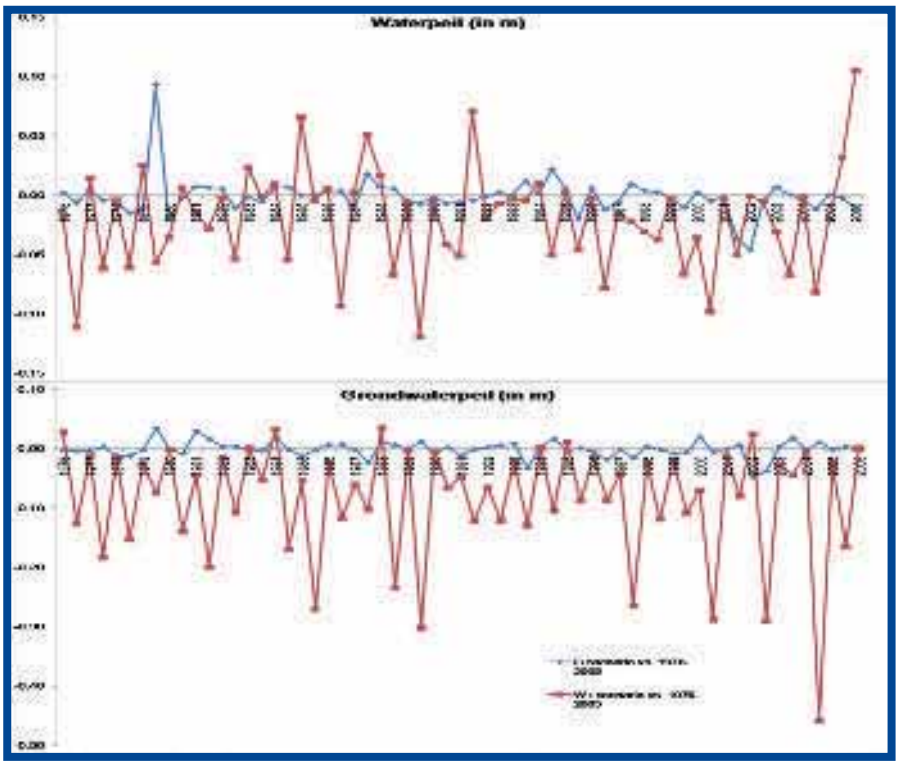
SOBEK-schematisaties voor de Hilversumse Bovenmeent en Nieuwe Keverdijkse Polder. Hierbij zijn bestaande meteorologische gegevens en meetgegevens omtrent de hoeveelheid en kwaliteit van ingelaten water en kwel gebruikt. De concentraties chloride, totaalstikstof en -fosfaat zijn vervolgens vergeleken met gemeten waarden voor een punt vlak voor de uitlaat. De gemodelleerde en gemeten concentraties chloride corresponderen in beide polders redelijk (zie afbeelding 2), wat aangeeft dat de belangrijkste waterfluxen correct gemodelleerd worden. De nutriëntenconcentraties in beide polders wijken echter aanzienlijk af. De orde van grootte was redelijk, maar de seizoensdynamiek werd slecht weergegeven. Dit is waarschijnlijk te wijten aan het ontbreken van waterplanten, benthos en sedimentdenitrificatie in de SOBEK-waterkwaliteitsmodule, waardoor een te geringe nutriëntenretentie gemodelleerd wordt.

Resultaten

Gemodelleerde waterpeilen voor het scenario G en de periode 1976-2005 verschillen nauwelijks, terwijl het scenario W+ extremere fluctuaties vertoont en een wat groter verschil laat zien met de huidige situatie (zie afbeelding 3). Deze fluctuaties zijn maximaal zeven procent hoger of lager dan in de huidige situatie, wat ruwweg overeenkomt met peilfluctuaties van circa twaalf centimeter. Ook het grondwaterpeil verschilt in scenario G weinig van de huidige periode. Dit is niet het geval voor scenario W+: hierbij zakt het grondwaterpeil tien tot 15 procent meer dan in de huidige situatie. Vooral in de tweede helft van het jaar (juli-december) zakt het grondwaterpeil vaak diep weg (tot maximaal 50 cm-mv).

De nutriëntenconcentraties verschillen weinig tussen de huidige situatie en scenario G (zie afbeelding 4). Bij het W+-scenario vertonen de nutriëntenconcentraties echter een frappant verschil: de stikstofconcentratie gaat omhoog terwijl de fosfaatconcentratie omlaag gaat, vooral in de nazomer. Aangezien de veranderingen in neerslag- en verdampingspatroon in scenario W+ grofweg hetzelfde effect op beide nutriënten zouden moeten hebben, zal het verschil dus gezocht moeten worden in de waterkwaliteitsprocessen. Waarschijnlijk zorgt een verminderde stroomsnelheid in het W+-scenario als gevolg van minder neerslag en meer verdamping voor een verhoogde sedimentatie van (geadsorbeerd) fosfaat, en drukt de fosfaatconcentratie hiermee omlaag. Inderdaad correspondeert het verschil in stroomsnelheid tussen beide scenario's redelijk goed met het verschil in totaalfosfaat (r2 = 0.506, zie afbeelding 5). In de stikstofcyclus is sedimentatie minder

Afb. 3: Vergelijking van het gemiddelde waterpeil en grondwaterpeil in de scenario's van de periode 2036-2065 versus de periode 1976-2005 (in meters verschil). Het waterpeil is genomen nabij de uitlaat en het grondwaterpeil in hetzelfde willekeurig gekozen landbouwgebied. Het waterpeil en grondwaterpeil zijn op elk tijdstip van de scenario's vergeleken met het corresponderende tijdstip van de periode 1976-2005 (dus: 1/1/2036 versus 1/1/1976, 2/1/2036 versus 2/1/1976, 31/12/2065 versus 31/12/2005). Vervolgens is de afwijking gemiddeld voor elke eerste helft (= 1 januari tot 30 juni) en tweede helft (= 1 juli tot 31 december) van elk gemodelleerd jaar. Het gemiddelde verschil in waterpeil tussen beiden seizoensverschillen is -0.019 m ± 0.006, en het gemiddelde verschil in grondwaterpeil tussen beide seizoensverschillen bedraagt -0.086 m ± 0.013.



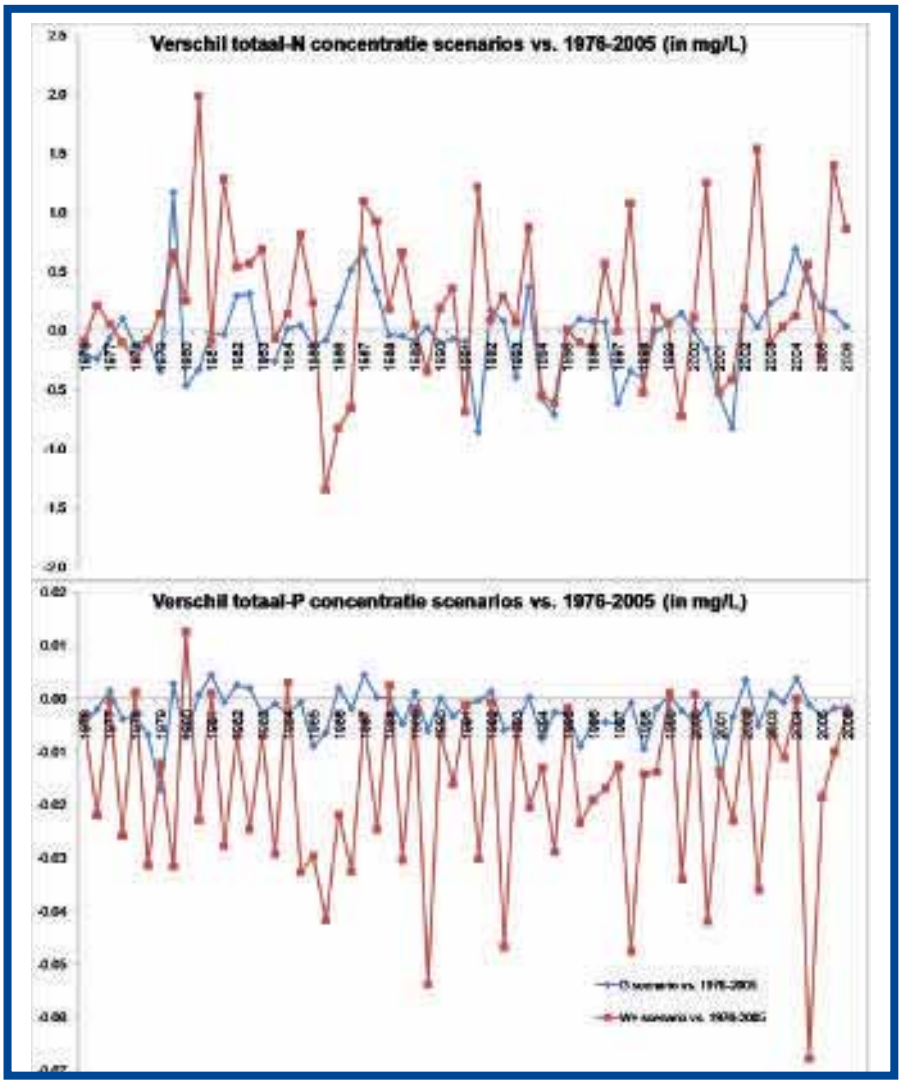
belangrijk. Oorzaken voor de toenemende stikstofconcentraties kunnen gezocht worden in een concentrerend effect van de geringere wateruitlaat en hogere verdamping, maar ook in het ontbreken van een aantal systeemcomponenten in de SOBEK-waterkwaliteitsmodule. Mogelijk is de toename een artefact van het ontbreken van waterplanten en denitrificatie aan de bodem, die de toename allebei teniet zouden kunnen doen.

Discussie

De modelberekeningen laten een relatief klein verschil zien in waterpeil tussen de scenario's en de huidige situatie. Sommige auteurs verwachten dat de inlaat van gebiedsvreemd water in Nederlandse polders zal gaan toenemen om de extra verdamping en droogteperiodes als gevolg van klimaatverandering te kunnen compenseren[13]. Onze modelresultaten voor een gegeneraliseerde polder suggereren echter dat dit niet noodzakelijkerwijs zo hoeft te zijn. Aangezien de inlaat van gebiedsvreemd water in Nederland meestal geassocieerd wordt met een verslechtering van de waterkwaliteit[14], is dit een positieve uitkomst.

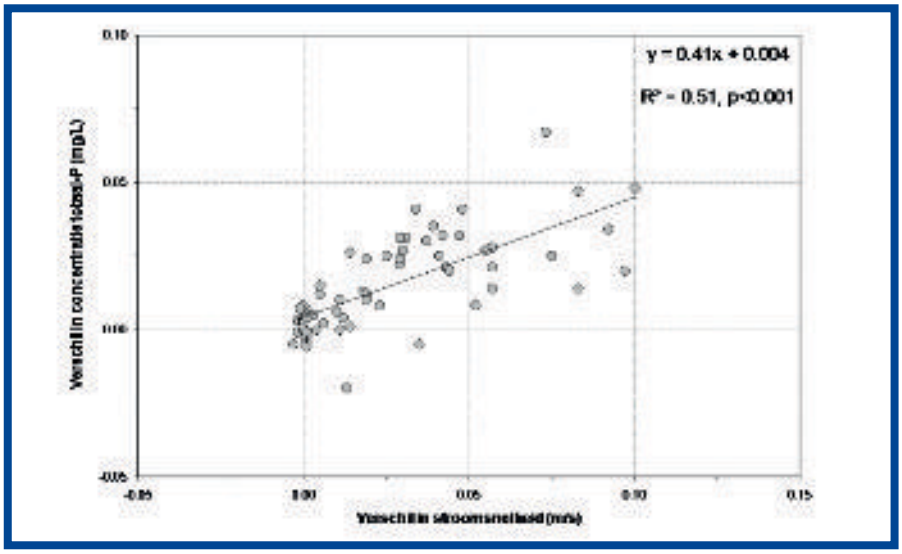
In de modelberekeningen daalt het grondwaterpeil alleen in het W+-scenario substantieel. Hoewel deze daling in grondwaterpeil zeker fors is, is dit waarschijnlijk geen groot probleem voor het huidige landgebruik (veeteelt). In het veenweidegebied vindt reguliere veeteelt veelal plaats bij een grondwaterstand van 60 cm -mv en is bedrijfsvoering niet meer mogelijk bij 35 cm -mv[15]. In beide scenario's zijn de grondwaterstanden meestal niet veel hoger dan in de huidige situatie en zijn problemen met vernatting dus niet direct te verwachten. De substantieel lagere najaarsgrondwaterstand in scenario W+ zou nadelig kunnen uitpakken voor landbouw door watergebrek voor de grasgroei, maar kan ook voordelig zijn doordat boeren beter het land op kunnen en mest kunnen uitrijden. Omdat de verschillen zelfs in scenario W+ niet extreem of langdurig zijn, zal het huidige land(bouw)gebruik waarschijnlijk niet veel te hoeven veranderen.

De grondwaterpeildaling in scenario W+ kan aanmerkelijke gevolgen hebben voor veenoxidatie (mineralisatie) en bodemdaling, omdat langere periodes van (zomer)droogtes veenoxidatie aanzienlijk kunnen versnellen[16]. Bij veenoxidatie komen nutriënten en broeikasgassen vrij[17]. De vrijgekomen nutriënten vormen een belasting voor het oppervlaktewater[12),18)]. Deze extra nutriënten zijn echter niet meegenomen in onze SOBEK-modellering. Mogelijk wordt de gemodelleerde toename in totaalstikstof nog versterkt, maar het extra fosfaat zal waarschijnlijk mee sedimenteren. Een ander gevolg van veenoxidatie is de gerelateerde bodemdaling[16),18)]. Gezien de maatschappelijke kosten wordt deze bodemdaling als een groot probleem gezien[18]. Het lagere grondwaterpeil in het W+-scenario kan de huidige problemen met bodemdaling verslechteren.



Afb. 4: Vergelijking van de gemiddelde concentraties totaalstikstof en -fosfaat op hetzelfde punt nabij de uitlaat tussen de scenario's van de periode 2036-2065 versus de periode 1976-2005. De concentraties op elk tijdstip van de scenario's is hierbij vergeleken met het corresponderende tijdstip van de periode 1976-2005. Vervolgens is de afwijking gemiddeld voor elke eerste helft (= 1 januari tot 30 juni) en tweede helft (= 1 juli tot 31 december) van elk gemodelleerd jaar. Het gemiddelde verschil tussen beide seizoensverschillen totaalstikstof bedraagt 0.238 mg/l ± 0.088, en het gemiddelde verschil tussen beide seizoensverschillen totaalfosfaat -0.015 mg/l ± 0.002.

Afb. 5: Het gemiddelde verschil in elke eerste helft (= 1 januari tot 30 juni) en tweede helft (= 1 juli tot 31 december) van elk gemodelleerd jaar in stroomsnelheid tussen scenario G en W+ (m/s) vergeleken met het gemiddelde verschil in elke eerste en tweede helft van hetzelfde jaar in concentratie totaalfosfaat op hetzelfde punt tussen scenario G en W+. Het gekozen punt ligt op ongeveer twee kilometer voor de uitlaat in de hoofdwatergang. In de analyse zijn alle punten met een verschil in stroomsnelheid < 0.005 m/s buiten beschouwing gelaten in het berekenen van de seizoensgemiddelde stroomsnelheid.



Gemodelleerde nutriëntenconcentraties veranderen in ons SOBEK-model slechts bij het W+-scenario. Met name de voorspelde afname in totaalfosfaat door verhoogde sedimentatie in de nazomer lijkt ons plausibel. Mochten de poldersloten echter op grote schaal zuurstofloos worden in de nazomer, dan kan fosfaatnalevering uit de bodem de verhoogde sedimentatie weer te niet doen. De toegenomen totaalstikstof is te verklaren door de veranderingen in de waterbalans, maar kan helaas ook het gevolg zijn van de beperkingen van de modelschematisatie. De toenemende mineralisatie van de bodem bij W+ zou anderzijds ook bij kunnen dragen tot verhoogde concentraties totaalstikstof.

LITERATUUR

1) Van den Hurk B., A. Klein Tank, G. Lenderink, A. van Ulden, G. van Oldenborgh, C. Katsman, H. van den Brink, F. Keller, J. Bessembinder, G. Burgers, G. Komen, W. Hazeleger en S. Drijfhout (2006). KNMI Climate Change Scenarios 2006 for the Netherlands. KNMI Scientific Report WR 2006-012006.
2) Dias A., B. Hoorens, R. van Logtestijn, J. Vermaat en R. Aerts (2010). Plant species composition can be used as a proxy to predict methane emissions in peatland ecosystems after land-use changes. Ecosystems nr. 13, pag. 526-538.
3) Barnard R., P. Leadley en B. Hungate (2005). Global change, nitrification, and denitrification: a review. Global Biogeochemical Cycles nr. 19.
4) Verhoeven J., B. Arheimer, C. Yin en M. Hefting (2006). Regional and global concerns over wetlands and water quality. TRENDS in Ecology and Evolution nr. 2, pag. 96-103.
5) WLDelft (2009). SOBEK 2.11.002 - User's Guide. Deltares.
6) Vermaat J. en F. Hellmann (2010). Covariance in water- and nutrient budgets of Dutch peat polders: what governs nutrient retention? Biogeochemistry nr. 99, pag. 109-126.
7) Van Strien A., T. van der Burg, W. Rip en R. Strucker (1991). Effects of mechanical ditch management on the vegetation of ditch banks in Dutch peat areas. Journal of Applied Ecology nr. 2, pag. 501-513.
8) Nol L., P. Verburg, G. Heuvelin en K. Molenaar (2008). Effect of land cover data on nitrous oxide inventory in fen meadows. Journal of Environmental Quality nr. 37, pag. 1209-1219.
9) Van Beek C. (2007). Nutrient losses from grassland on peat soil. Proefschrift Wageningen Universiteit. Alterra Scientific Contributions nr. 18.
10) Hellmann F. en J. Vermaat (2011). Invloed van klimaatverandering op de waterhuishouding en nutrientenstromen in veenweidepolders. Een samenvatting voor de praktijk. IVM.
11) Janse J. en P. van Puijenbroek (1998). Effects of eutrophication in drainage ditches. Environmental Pollution 102, pag. 547-552.
12) Van Beek C., C. van der Salm, A. Plette en H. van de Weerd (2009). Nutrient loss pathways from grazed grasslands and the effects of decreasing inputs: experimental results for three soil types. Nutrient Cycling in Agroecosystems nr. 83, pag. 99-110.
13) Besse-Lotoskaya A. en P. Verdonschot (2010). Hoe kwetsbaar zijn onze waterecosystemen voor klimaatverandering? H_2O nr. 14/15, pag. 27-29.
14) Smolders A., E. Lucassen, R. Bobbink, J. Roelofs en L. Lamers (2010). How nitrate leaching from agricultural lands provoques phosphate eutrophication in groundwater fed wetlands: the sulphur bridge. Biogeochemistry nr. 1-3, pag. 1-7.
15) Van der Ploeg B., L. van den Berg, M. Borgstein, A. van den Ham, K. de Poel, R. Leopold en R. Schrijver (2001). Groene Hart met landbouw naar een hoger peil? Over de vraag of verhoging van waterpeil kan samengaan met verhoging van ruimtelijke kwaliteit. LEI.
16) Schothorst C. (1977). Subsidence of low moor peat soils in the western Netherlands. Geoderma nr. 17, pag. 265- 291.
17) Schulp N., C. Jacobs, J. Duyzer, C. van Beek, F. Bosveld, W. Jans, A. Schrier-Uijl, A. Dias en J. Vermaat (2010). Wat is de variabiliteit van emissies binnen en tussen verschillende landschapselementen en wat gebeurt er bij verandering in landgebruik? Landschap nr. 26, pag. 67-79.
18) Woestenburg M. (2009). Waarheen met het veen? Kennis voor keuzes in het westelijk veenweidegebied. Landwerk.